

1C973 U.S. PTO

09/875351



#2
7/23/01
JA

대한민국 특허청

KOREAN INDUSTRIAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 59780 호
Application Number

출원년월일 : 2000년 10월 11일
Date of Application

출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s)

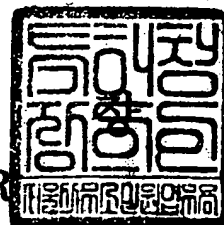
**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



2000 년 12 월 06 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2000. 10. 11
【발명의 명칭】	적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법
【발명의 영문명칭】	Rain attenuation compensation method and system using adaptive transmission technique
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	전영일
【대리인코드】	9-1998-000540-4
【포괄위임등록번호】	1999-054594-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김수영
【성명의 영문표기】	KIM, Soo Young
【주민등록번호】	670414-2690316
【우편번호】	305-333
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 123-1403
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	임광재
【성명의 영문표기】	LIM, Kwang Jae
【주민등록번호】	701027-1489912
【우편번호】	302-150
【주소】	대전광역시 서구 만년동 110번지 201호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권태곤
【성명의 영문표기】	KWON, Tae Gon
【주민등록번호】	660118-1682812

【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 102-1301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	임형수
【성명의 영문표기】	LIM, Hyoung Soo
【주민등록번호】	691020-1674016
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 150-13번지 아이비하우스 202호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 전영일 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	22 면 22,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	22 항 813,000 원
【합계】	864,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	432,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 Ku 대역 이상의 고 주파수 대역을 사용하는 위성통신시스템에서 강우로 인하여 발생하는 신호의 감쇠를 적응형 전송기법을 이용하여 보상하고자 하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에서는 적응형 전송기법으로 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부호화 방식과 M-ary PSK 변조 방식을 이용한 적응형 변조 방식을 이용한다. 본 발명은 수신단에서 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비에 예측하며, 예측된 신호 대 잡음비에 가장 적절한 전송방식을 할당함으로써 적응적으로 강우 감쇠를 보상한다.

이러한 본 발명은, 수신단에서 PSK 변조된 수신 신호로부터 신호 대 잡음비를 계산하는 단계와; 현재 시점과 과거 시점에서 계산된 신호 대 잡음비로부터 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계; 예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하고 있는 전송방식에 적절한 지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식의 전환을 결정하는 단계; 전송방식의 전환이 결정된 경우 전송 방식의 전환을 요구하는 제어신호를 송신단에 보내고 이에 대한 확인 신호를 수신하는 단계 및; 필요한 경우 전송방식을 전환하여 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

【대표도】

도 4

【색인어】

위성통신시스템, 적응형 전송기법, 강우 감쇠, 신호 대 잡음비

【명세서】

【발명의 명칭】

적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법 { Rain attenuation compensation

method and system using adaptive transmission technique }

ADAPTIVE TRANSMISSION

【도면의 간단한 설명】

도 1은 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부복호 방식의 사용방법을 도시한 구조도,

도 2는 M-ary PSK 변조 방식의 비트 오류 성능도,

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법이 채용된 위성통신시스템의 구성도,

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법의 동작 흐름도,

도 5는 도 4에 도시된 수신 신호 대 잡음비 계산과정을 도시한 동작 흐름도,

도 6은 잡음이 없는 채널 환경에 대한 M-ary PSK 신호의 정상도,

도 7은 잡음 환경에 대한 M-ary PSK 신호의 확률밀도함수 예시도,

도 8은 신호 대 잡음비 측정 기법의 구성도,

도 9는 신호 대 잡음비 측정 기법 중 히스토그램에 대한 선형 결합 결과값의 특성도,

도 10은 신호 대 잡음비 측정 기법의 특성도,

도 11은 도 4에 도시된 수신 신호 대 잡음비 예측과정을 도시한 동작 흐름도,

도 12는 도 4에 도시된 전송 방식 결정과정을 도시한 동작 흐름도이다.

nsation ※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

310 : 전송부 320 : 수신부

330 : 제어부

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 Ku 대역 이상의 고 주파수 대역을 사용하는 위성통신시스템에서 적응형 전송방식을 사용하고 수신신호의 품질을 측정 및 예측하여 현재 강우 감쇠값에 적절한 전송방식을 할당하는 강우 감쇠 보상방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기한 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법을 채용한 위성통신시스템에 관한 것이기도 하다.

<17> 일반적으로, 종래의 강우 감쇠 보상기법으로는 주로 전력제어 기법을 이용하는 방법과 다이버시티를 이용한 방법이 있으며, 최근에는 적응형 전송 기법을 사용하여 강우를 보상하고자 하는 방법들이 제안되고 있다.

<18> 전력 제어를 이용하여 강우 감쇠를 보상하는 방법은 미국 특허 4,261,054 호

및 4,731,866 호에 제시되어 있는 바, 이들은 단순히 강우로 인하여 신호의 감쇠가 나타날 경우 그에 해당하는 만큼 신호의 전력을 증폭시켜주는 방식으로써, 시스템을 설계할 당시부터 전력 마진을 보충할 수 있을 만큼의 고출력 증폭기를 구비해야 하는 어려움이 존재하며, 또한 이로 인하여 매우 비경제적인 시스템이 된다는 단점이 있다.

<19> 다이버시티 기법을 이용하여 강우로 인한 감쇠를 보상하는 방법은 다이버시티의 종류에 따라 별도의 지구국, 주파수 대역 또는 위성 등을 갖추어야 하므로 매우 비경제적이라는 단점이 있다.

<20> 적응형 전송 기법을 이용하여 강우감쇠를 보상하는 방법은 미국특허 4,309,764 호, 4,301,533 호, 4,837,786 호, 및 4,047,151 호에 개시되어 있는 바, 주로 지분할 다중 접속(Time Division Multiple Access; TDMA) 방식에서 감쇠를 심하게 겪고 있는 사용자 또는 지구국에 여분의 타임 슬롯을 할당하는 방식이나, 감쇠가 심할 경우 데이터의 전송율을 낮추는 방식 및 이를 이용하여 부호화 방식에서 여분의 리턴던시를 제공하여 오류정정 능력을 향상시키는 방법 등이 있다. 이러한 방법들에서는 주로 감쇠를 보상하기 위하여 매우 기초적이고 단순한 방법들을 사용하여, 그 보상 범위가 크지 않고 효율성이 떨어지는 단점이 있다. 또한 이러한 방법들에서는 강우로 인한 감쇠를 검출하고 향후에 예상되는 감쇠량을 예측하여 적절한 전송 방식을 할당하는 방법에 대해서는 구체적으로 명시되어 있지 않다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<21> 따라서, 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 블

록 터보 부호를 이용한 적응형 부복호 방식과 M-ary PSK 변조 방식을 이용한 적응형 변복조 방식을 적응형 전송방식으로 사용하고, 수신단에서 PSK 변조된 수신 신호로부터 신호 대 잡음비를 계산하여 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하고 가장 적절한 전송방식을 할당함으로써, 경제적이고도 최대의 전송 효율을 얻을 수 있는 강우 감쇠 보상방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<22> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법은, 위성통신시스템에서의 강우 감쇠 보상방법에 있어서, 상기 위성통신시스템은, 적응형 부호방식과 적응형 변조 방식의 조합으로 이루어진 복수개의 전송방식을 포함하는 송신단과, 적응형 복호방식과 적응형 복조방식의 조합으로 이루어진 복수개의 수신방식을 포함하는 수신단, 및 수신 신호 대 잡음비를 측정 및 예측하고 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 수신단의 수신방식을 제어하는 제어부를 포함하며,

<23> 상기 제어부에서의 강우 감쇠 보상방법은, 현재 시점에서의 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계와;

<24> 예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하고 있는 전송방식에 적절한지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식을 결정하는 단계; 및

<25> 상기 결정된 전송방식에 따라 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 수신단의 수신방식의 전환을 요구하는 제어신호를 출력하여, 전환된 전송방식으로 데이터를 송수신하도록 하는 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

<26> 또한, 본 발명에 따르면, 상술하였던 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체가 제공된다.

<27> 또한, 본 발명에 따른 위성통신시스템은, 적응형 부호방식과 적응형 변조 방식의 조합으로 이루어진 복수개의 전송방식을 포함하는 송신단과;

<28> 적응형 복호방식과 적응형 복조방식의 조합으로 이루어진 복수개의 수신방식을 포함하는 수신단; 및

<29> 상기 수신단에 수신되는 신호의 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하며, 상기 예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하는 전송방식에 적절한 지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식을 결정하고, 상기 전송방식을 이용하여 상기 송신단과 수신단이 데이터를 송수신하도록 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 상기 수신단의 수신방식을 제어하여, 상기 신호 대 잡음비에 따라 적응적으로 전송방식을 제어하는 제어부를 포함한 것을 특징으로 한다.

<30> 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 한 실시예에 따른 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

<31> 본 발명은 Ku 대역 이상의 고주파수 대역을 사용하는 위성통신시스템에서 적응형 전송 기법을 사용하여 강우 감쇠를 보상함에 있어서, 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부복호 방식과 M-ary PSK 적응형 변복조 방식을 적응형 전송기법으로 사용한다.

<32> 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부복호 방식에서는 두 가지 방식을 이용하여 감쇠의 양에 따라 부호화 이득을 조절하여 사용한다. 여기에 관한 상세한 내용은 김수영 등이 제안한 논문 ['블록 터보 부호를 이용한 위성통신시스템에서의 적응형 부복호화 방식', JCCI 2000, 제1권, pp.419-422]에 상세하게 개시되어 있다.

<33> 도 1은 상기의 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부복호 방식의 사용방법을 도시한 구조도이다. 정보어의 길이가 k 이고 부호어의 길이가 n 인 선형 블록 부호를 사용하기 위하여 k^2 개의 비트로 구성된 정보 프레임을 구성한다. 평상시에는 상기 k^2 개의 비트로 구성된 정보 프레임에 대하여 차례로 k 개의 비트에 대한 블록 부호화를 k 번 수행하는 일반적인 블록 부호화 방식을 수행하여 총 nk 개의 부호화 프레임을 전송하고, 수신된 nk 개의 수신 신호 프레임에 대하여 차례로 n 개의 신호에 대하여 블록 부호에 대한 연판정 비터비 복호 방식을 k 번 수행하여 k^2 개의 정보 비트 프레임을 복원한다.

<34> 또한 감쇠가 심하여 추가의 부호화 이득이 필요하다고 판단될 경우에는 상기 k^2 개의 비트로 구성된 정보 프레임에 대하여 행 별로 차례로 k 개의 비트에 대한 블록 부호화를 k 번 수행하고 열별로 차례로 k 개의 비트에 대한 블록 부호화를 k 번 각각 수행하여 $(2nk-k^2)$ 개의 비트를 전송한다. 복호시에는 연판정 출력 비터비 알고리즘을 이용한 반복 복호방법을 수행한다. 상기의 방식을 사용할 경우 동일한 부호화 구조를 사용할 수 있고, 단지 수신단에서 복호 방식만을 일부 변형해서 사용하면 된다는 장점이 있다.

<35> M-ary PSK 변조 방식을 이용한 적응형 전송기법은 감쇠의 양에 따라 8-PSK, QPSK, BPSK, 및 심볼 반복 BPSK를 적절히 할당하여 사용하는 것이다. 즉, 감쇠가 가장 적을 경우에는 주파수 효율이 좋고 전력 이득 면에서 효율성이 가장 낮은 8-PSK 변조 방식을

사용하고, 감쇠가 점점 심해짐에 따라 전력면에서 이득이 큰 방식 즉, QPSK, BPSK 등으로 절체하면서 사용한다.

<36> 도 2는 M-ary PSK 변조 방식의 비트 오류 성능을 나타낸 곡선이다. 예를 들어 시스템에서 요구되는 비트 오류 성능이 10^{-6} 이라고 가정하면 8-PSK 변조 방식을 사용하다가 QPSK로 절체하게 되면 약 5dB의 전력 이득을 얻을 수 있게 된다. 바꾸어 말하면, 평상시에 8-PSK를 사용하다가 강우로 인하여 신호의 감쇠가 5dB까지 발생하면 QPSK로 전환하여 데이터를 전송하게 되는데, 이때 전체 링크의 성능에 손상이 전혀 없게 되는 것이다. 동일한 방식으로 감쇠가 점점 심해지면 다시 BPSK, 2-심볼 반복 BPSK, 4 심볼 반복 BPSK 등으로 전환하여 전송하면 된다.

<37> 이러한 개념은 적응형 부호화 방식에서도 동일하게 적용된다. 즉, 평상시에는 도 1의 (a)에 도시된 바와 같은 방식을 사용하다가 감쇠가 점점 더 심해지면 비트 오류 성능을 유지하기 위하여 훨씬 더 적은 전력을 요구하는 (b)에 도시된 바와 같은 방식으로 전환하여 사용한다.

<38> 도 3은 본 발명이 적용되는 위성통신시스템의 구성도이다. 이는 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부호 방식과 M-ary PSK 변조 방식의 조합으로 구비된 N개의 전송 방식을 포함하는 송신부(310)와 블록 터보 부호를 이용한 적응형 복호 방식과 M-ary PSK 복조 방식의 조합으로 구비된 N개의 수신 방식을 포함하는 수신부(320), 및 수신 신호 대 잡음비를 계산하고 예측하여 전송부의 전송 방식과 전송 전력 및 수신부의 수신 방식을 제

어하는 제어부(330)를 포함한다. 본 발명에 따른 적응형 전송기법을 이용한 경우 감쇠 보상방법은 제어부(330)에서 이루어진다.

<39> 도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 적응형 전송 기법을 이용한 경우 감쇠 보상방법을 도시한 동작 흐름도이다. 먼저, 제어부(310)에서는 수신된 M-ary PSK 변조 신호로부터 현재 시점의 신호 대 잡음비를 계산하고(S401), 현재 및 과거 시점에서 계산된 수신 신호 대 잡음비 값으로부터 다음 시점의 신호 대 잡음비를 예측한다(S402). 예측된 신호 대 잡음비로부터 다음 시점에 적절한 전송 방식을 결정하고(S403), 현재 시점과 비교하여 전송 방식의 전환이 필요한 지를 판단하여(S404), 전송 방식 전환 명령을 발생한다(S405). 이 명령에 따라 전송부 및 수신부에서는 전송방식을 전환하여 데이터를 전송한다(S406).

<40> 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 현재 시점의 신호 대 잡음비를 계산하는 방법을 도시한 동작 흐름도이다.

<41> 먼저, M-ary PSK 방식으로 변조되어 수신된 신호의 수준을 정규화한다(S501). 심벌 에너지가 1인 M-ary PSK 변조된 심벌 신호는 채널 잡음이 없는 경우 도 6에 도시된 바와 같은 정상도를 가진다. 도 7은 이 신호에 채널 잡음이 가해질 경우, 수신된 M-ary PSK 심벌의 실수부 또는 허수부의 확률밀도함수를 예시한 그래프이다. 이때, BPSK를 제외한 QPSK 이상의 상위 차수 변조 방식 신호의 경우에는 실수부와 허수부가 동일한 통계적 특성을 가지므로 실수부와 허수부 모두 신호 대 잡음비 추정에 사용한다. 다음으로

정규화된 신호에 대하여 양자화를 수행한(S502) 후 히스토그램을 계산한다(S503). 다음 양자화된 신호에 가중치를 부가하여 합산하는 선형 결합을 수행한다(S504).

<42> 상기 정규화 단계(S501)는 수신 신호의 변조 방식을 가리키는 제어 신호에 따라 정규화 기준 수준을 결정하고, 상기 결정된 정규화 기준 수준의 역수를 수신 신호에 곱함으로써 정규화를 수행하는 단계이다. 상기 양자화하여 히스토그램을 계산하는 단계(S502, S503)는 상기 수신 심벌의 실수부 또는 허수부 신호에 대하여 절대값 연산을 수행하고, 일정 개수 수준의 양자화를 수행하며, 각 양자화 수준에 속하는 심벌 개수를 관찰함으로써 히스토그램을 계산하는 단계이다.

<43> 도 8은 정규화된 수신 M-ary PSK 심벌의 실수부 또는 허수부에 대하여 16 수준 양자화를 사용한 히스토그램 계산 결과의 예와, 이에 대하여 제곱형 가중치를 적용하고 선형 결합한 결과에 대하여 다시 수신 신호 대 잡음비 추정값으로 대응시키는 일련의 동작 구조를 보인 것이다. 제곱형 가중치는 하드웨어 구현의 용이성을 고려하여 정수의 제곱값으로 설정하며, 양자화 후 신호 수준 1을 중심으로 좌우 대칭적으로 0, 1, 4, 9, ... 와 같이 가중치를 적용한다.

<44> 도 9는 양자화 수준의 수가 16인 경우에 대한 제곱형 가중치를 적용한 선형 결합 결과의 특성을 도시한 도면이다. 이 결과에서 곡선은 선형 결합 결과의 평균 특성을 보이는 것이며, 상하 막대 표시는 평균값으로부터의 표준 편차를 나타낸다. 수신 신호 대 잡음비에 대하여 단순 감소 특성을 가진다. 도 9에서 얻어진 수신 신호 대 잡음비와 선형 결합 결과간의 관계는 임의의 신호 대 잡음비 채널 환경 하에서 얻어진 선형 결합 결과값으로부터 수신 신호 대 잡음비를 추산하는 데 사용된다.

<45> 다음으로, 상기과 같이 얻어진 선형 결합 결과값에 대응되는 신호 대 잡음비로

변환한다(S505). 이 때 도 9에서 나타난 바와 같이 선형 결합 결과값과 시뮬레이션을 통하여 얻어진 수신 신호 대 잡음비 사이의 관계를 관계표로 작성하고, 그 관계표를 이용하여 임의의 채널 환경에서 계산된 선형 결합 결과값에 대응하는 신호 대 잡음비 결과를 출력한다(S506). 이렇게 얻어진 신호 대 잡음비 추정결과를 출력한다(S507).

<46> 도 10은 도 9에서 얻어진 신호 대 잡음비와 선형 결합 결과간의 관계를 이용하여 수신 신호 대 잡음비를 추정한 결과의 성능 특성을 도시한 그래프이다. 이 결과에서 곡선은 신호 대 잡음비 추정 결과의 평균 특성을 보인 것이며, 상하 막대 표시는 평균값으로부터의 표준 편차를 나타낸다. 이 결과로부터 양자화 수준의 수가 16인 경우에 대한 본 기법에 의한 수신 신호 대 잡음비 추정은 최대 약 20dB까지 선형에 가까운 평균 특성을 가지며, 추정의 표준 편차도 크지 않음을 알 수 있다.

<47> 또한 현재 및 과거 시점에서 계산된 신호 대 잡음비로부터 다음 시점의 신호 대 잡음비를 예측하는 방법은 선행특허(대한민국 특허출원 제2000-4111호)에 상세히 기술되어 있다. 도 11은 본 발명의 한 실시예에 따른 수신 신호 대 잡음비 예측과정을 도시한 동작 흐름도이다.

<48> 먼저, 시간 t 를 초기화하고(S1101), 샘플 수신 신호 대 잡음비가 입력되면(S1102), 이 샘플들을 저역 통과 필터링한다(S1103). 저역 통과 필터링된 신호 대 잡음비의 변화량에 근거하여 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측한다(S1104). 저역 통과 필터링은 계산된 신호 대 잡음비의 변화에서 시스템의 응답 지연 시간보다 작은 간격으로 소폭의 크기로 변화하는 성분을 제거하기 위한 목적으로 사용된다. 이러한 저역 통과 필터링은 수신 신호 대 잡음비의 고속 변화를 제거하기 위하여 사용되지만, 필터링 후의 샘플

플 값의 변화는 필터링 전의 변화가 지연되어 나타난다. 전반적인 기울기가 반전되는 부분에서 지연 현상은 예측 시간을 확장하더라도 극복될 수 없는데, 이는 기울기 예측 단계에서 예측 시간을 확장하더라도 필터링 후의 샘플들은 필터링 전의 샘플들과 평행하게 지연되기 때문이다. 따라서 저역 통과 필터링에 의한 지연 오차와 기울기 변화에 대한 지연 반응에 의한 예측 오차를 감소시키기 위해, 예측값을 평균 예측오차에 비례한 값으로 보정하는 예측 오차 보정 단계(S1105)를 수행한다.

<49> 또한, 시스템의 응답 시간보다 빠르게 소폭으로 변화하는 신호 대 잡음비의 변화는 저역 통과 필터링에 의한 예측 단계에서 고려되지 않았으므로, 실제 신호 대 잡음비는 예측 샘플값의 중심으로 위아래로 차이를 가지며 변화한다. 이때 실제값이 예측값보다 클 경우에는 서비스 품질의 열화가 발생하지 않는다. 그러나, 실제값이 작을 경우에 예측을 실제보다 크게 추정함으로써 실제값에 적절한 전송 방식으로 전환시키지 못하거나 전송 전력을 요구되는 크기보다 작게 조절하기 때문에 서비스 품질의 열화가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 예측 단계에서 무시되었던 신호 대 잡음비의 고속 변화에 대한 대처 방안이 필요한 바, 예측된 샘플값을 일정 크기로 감소시키는 과정이 필요하다. 본 발명에서는 그러한 예측 여유의 할당을 위해 일정한 음(-)의 크기를 갖는 고정 여유를 부가하는 방법과, 예측 오차의 표준 편차에 비례하게 가변여유를 계산하여 (S1106) 부가하는(S1107) 방법을 함께 사용한다.

<50> 이를 상세하게 설명하면, 저역 통과 필터링된 신호 대 잡음비의 변화량으로부터 다음 시점의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계(S1104)는, 과거 시점에서의 수신 신호 대 잡음비와 현재 시점에서의 수신 신호 대 잡음비의 차이에 대한 임의의 차수의 변화량으로부터 일정 시점 이후의 신호 대 잡음비의 크기를 예측하는 단계이다.

<51> 또한, 예측된 신호 대 잡음비의 예측 오차 보정단계(S1105)는, 예측된 신호 대 잡음비를 예측시간만큼 지연시켜서 현재의 수신 신호 대 잡음비를 추정하고, 저역 통과 필터링 전의 실제 수신 신호 대 잡음비와 상기 추정 수신 신호 대 잡음비의 차를 구해 예측 오차를 구하고 그 평균을 구하며, 상기 예측된 신호 대 잡음비를 평균 예측 오차와 비례하게 보정하하는 단계이다. 여기서, 예측 오차의 평균은 예측 오차를 이산 귀환 필터링방법에 적용하여 구한다.

<52> 또한, 예측 여유를 할당하는 단계(S1107)는, 예측 오차와 평균 예측 오차로부터 예측 오차의 분산과 표준 편차를 구하고 상기 표준 편차와 비례하는 가변적 예측 여유를 계산하며, 가변 예측 여유와 일정 크기의 고정 예측 여유를 예측값에 추가하하는 단계이다. 여기서, 예측 오차의 분산은 예측 오차와 평균 예측 오차로부터 이산 귀환 필터링 방법에 의해 구해진다. 또한, 가변적 예측 여유는 현 시점까지 음의 예측 오차가 발생한 시간율과 요구확률과의 차이에 비례한 상수를 이용하여 계산한다.

<53> 본 발명에 따른 적응형 전송 기법을 사용한 강우 감쇠 보상방법에서의 전송 방식 결정방법에 관해서는 선행 특허(대한민국 특허출원 제1999-61842호)에 상세히 기술되어 있는 바, 도 12는 일 실시예에 따른 전송 방식 결정방법의 동작 흐름도이다.

<54> 전송 방식 결정방법의 단계 S1201과 단계 S1202는 과거 수신 신호 대 잡음 비에 의해 계산된 전송 효율을 현재의 선택 과정에서 어느 정도 반영할 것인가를 조절할 수 있는 누적 파라미터를 결정하는 단계로서, 수신 신호의 변화가 클 경우에는 누적 파라미터를 작게 하여 과거보다는 현재의 전송 효율에 더 비중을 두고, 반대의 경우 누적 파라미터를 크게 하여 과거에 계산된 전송 효율을 반영하도록 한다.

<55> 이를 위하여 먼저, 수학식 1을 이용하여 과거와 현재의 수신 신호 대 잡음비에 대한 기울기 $\Delta R(t)$ 를 얻는다.

<56> 【수학식 1】

$$\Delta R(t) = \frac{R(t) - R(t-1)}{t - (t-1)} = R(t) - R(t-1)$$

<57> 위의 수학식 1에서, $R(t)$ 는 현 시점에서 측정된 수신 신호 대 잡음비, $R(t-1)$ 은 바로 전 과거의 신호 대 잡음비를 의미한다. t 는 샘플링 시간을 의미하며, 0 또는 양의 정수로 표현되는 정수이다. 위와 같이 계산된 순간-기울기를 이용하여 현 시점의 누적 파라미터 λ 를 수학식 2와 같이 계산한다.

<58> 【수학식 2】

$$\lambda = \frac{1}{x|\Delta R(t)| + 1}$$

<59> 위의 수학식 2에서 x 는 양의 실수인 상수로 도 4에 도시된 바와 같이 그 값에 따라 기울기에 대한 누적 파라미터의 값을 조절할 수 있다. 상수 x 의 값을 0.5 이하로 작은 값을 선택할 경우, 기울기 크기 변화에 대해 λ 는 덜 민감해지며, 0.5 이상 또는 1에 가까운 값을 선택하면 과거의 전송 효율에 많은 비중을 갖게 할 수 있다. 또한, x 의 값을 증가시키면 기울기에 대해 λ 는 민감해지고, x 의 값을 1 부근의 값으로 선택하면 λ 는 기울기 1을 전후로 하여 가장 민감하다.

<60> 또한, x 의 값이 1 이상인 경우에는, 다시 기울기 변화에 대해 덜 민감하게 되나, x

의 값이 1 이하의 작은 값의 경우와는 반대로 과거의 전송 효율에 대한 비중은 감소한다

<61> 단계 S1203은 현재의 수신 신호 크기에 따라 N 개의 전송 방식 각각에 대한 전송 효율을 계산하는 과정이다.

<62> 여기서 전송 효율 $S(t)$ 는 수학식 3과 같이 오류없이 성공적으로 수신되는 정보 비트의 속도로 정의된다.

<63> 【수학식 3】

$$S(t) = (1 - P_b(R, D)) R_b(D)$$

<64> 상기 수학식 3에서 $P_b(R, D)$ 는 전송 방식 D의 비트 오류율로 현재 수신 신호 대 잡음 비(R)과 전송 방식의 종류(D)에 따라 서로 다른 값을 가지며, $R_b(D)$ 는 전송 방식 D로 통신 서비스를 제공할 경우에 대한 비트 전송률이다.

<65> 각 전송 방식에 대해 상대적인 비교를 위해, 본 발명에서는 각 전송 방식의 비트 전송률 $R_b(D)$ 에 의해 정규화된 전송 효율을 사용한다.

<66> 또한, 통신 서비스가 요구하는 특정 비트 오류 P_b^* 보다 큰 오류율을 갖는 전송 방식에 대한 비트 오류율은 1 에 가까운 상수 P(예로 1의 값)를 갖는 것으로 하여 서비스 품질을 만족하지 못하는 전송 방식에 대한 전송 효율을 매우 작은 값으로 감소시킨다. 즉, 각 전송 방식에 대한 전송 효율은 수학식 4와 같이 계산한다.

<67> 【수학식 4】

$$S(t) = \begin{cases} 1 - P_b(R, D), & \text{if } P_b(R, D) \leq P_b^* \\ 1 - P, & \text{if } P_b(R, D) > P_b^* \end{cases}$$

<68> 다음, 단계 S1204는 위의 수학식 2에 의해 계산된 누적 파라미터를 이용하여 각 전송 방식에 대한 누적된 전송 효율을 계산하는 과정이다.

<69> 누적 전송 효율 $S(t)$ 는 아래의 수학식 5와 같이 과거 일정 기간 L 동안의 전송 효율에 대해 누적 파라미터 λ 의 지수 승의 가중치를 갖는 합으로 계산된다.

<70> 【수학식 5】

$$S(t) = \sum_{l=0}^{L-1} \lambda^l S(t-l)$$

<71> 다음, 단계 S1205에서는 각 전송 방식에 대하여 위의 수학식 5에 의해 계산된 누적 전송 효율이 최대가 되는 전송 방식을 선택한다.

<72> 다음, 단계 S1206은 선택된 전송 방식이 과거에 선택된 전송 방식에 비해 상위방식 혹은 하위방식인 지를 판단하는 단계이다. 하위방식인 경우에는 선택된 전송 방식으로 전환하도록 전송기와 수신기에 명령을 전달하는 단계 S1209로 진행한다.

<73> 반면에 과거 전송 방식에 비해 상위 방식의 경우, 현재 선택이 안정된 선택인 지를 판단하기 위해 특정 시간동안 동일 전송 방식이 선택되었는 지를 검사한다(S1207). 만약, 특정 기간 이상의 시간동안 연속적으로 동일한 선택이 이루어진 경우, 현재 선택된

전송 방식으로 전환을 명령하고(S1209), 그렇지 않은 경우에는 전환 명령 없이 과거 전송 방식을 유지함으로써 불필요한 전환을 피한다(S1208). 이때, 현재 선택된 전송방식을 선택진전, 즉 과거 전송방식으로 변환한 후 다시 현재 선택된 전송방식으로 변환함으로써 결국 과거 전송 방식을 유지할 수 있게 된다.

<74> 위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

【발명의 효과】

<75> 이상과 같이 본 발명에 의하면, Ku 대역 이상의 고주파수 대역을 사용하는 위성통신시스템에서 강우로 인하여 신호의 감쇠가 발생할 경우 이를 효율적으로 보상할 수 있는 방법이 제공된다. 본 발명은 실시간 적응성을 가지며, 수신 신호 레벨이 아닌 신호 대 잡음비를 직접 계산할 수 있으므로 보다 정확하고 효과적으로 적응형 전송 방식을 할당할 수 있을 뿐만 아니라, 예측 기법에 있어서는 적응형 필터링에 의한 간단한 과정으로 구현 복잡도 면에서 우수성을 가진다. 또한 전송 방식의 선택 방법에 있어서는 선택 과정에서 잦은 전송 방식의 전환을 피할 수 있는 이력 작용을 갖으며, 특히, 하위 전송 방식에서 상위 전송 방식으로 전환이 요구되는 경우, 그 전환 요구가 지속될 때까지 전환을 보류함으로써 잦은 전환에 의한 전송 효율 감소와 서비스 품질 저하를 감소시킬 수

있는 우수한 효과가 있다. 뿐만 아니라, 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부호 방식과 같은 전송 방식 자체의 효율성을 도모하여 보다 경제적인 서비스 제공이 가능하다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

위성통신시스템에서의 강우 감쇠 보상방법에 있어서,

상기 위성통신시스템은, 적응형 부호방식과 적응형 변조 방식의 조합으로 이루어진 복수개의 전송방식을 포함하는 송신단과, 적응형 복호방식과 적응형 복조방식의 조합으로 이루어진 복수개의 수신방식을 포함하는 수신단, 및 수신 신호 대 잡음비를 측정 및 예측하고 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 수신단의 수신방식을 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 제어부에서의 강우 감쇠 보상방법은,

현재 시점에서의 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계와;

예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하고 있는 전송방식에 적절한 지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 전송방식에 따라 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 수신단의 수신방식의 전환을 요구하는 제어신호를 출력하여, 전환된 전송방식으로 데이터를 송수신하도록 하는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 신호 대 잡음비를 예측하는 단계에서,
현재 시점에서의 신호 대 잡음비를 계산하는 과정은,
수신 심벌의 변조 방식에 따른 정규화를 수행하는 단계와,
상기 정규화된 수신 심벌의 히스토그램을 계산하는 단계,
상기 히스토그램에 대하여 제곱형 가중치를 적용한 선형 결합을 계산하는 단계, 및
상기 선형 결합 결과값으로부터 수신 신호 대 잡음비를 추정하는 단계를 포함하여
이루어진 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서,
상기 정규화를 수행하는 단계는,
상기 수신 신호의 변조 방식을 가리키는 제어 신호에 따라 정규화 기준 수준을 결정하고, 상기 결정된 정규화 기준 수준의 역수를 수신 신호에 곱함으로써 정규화를 수행하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 4】

제 2 항에 있어서,
상기 히스토그램을 계산하는 단계는,
상기 수신 심벌의 실수부 또는 허수부 신호에 대하여 절대값 연산을 수행하는 단계와,

일정 개수 수준의 양자화를 수행하는 단계, 및

각 양자화 수준에 속하는 심벌 개수를 관찰함으로써 히스토그램을 계산하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 5】

제 2 항에 있어서,

상기 선형 결합을 계산하는 단계는,

상기 정규화된 수신 신호 수준을 중심으로 좌우 대칭적으로 0, 1, 4, 9, ... 의 정수의 제곱형 가중치를 곱하고, 상기 가중치가 곱해진 결과들을 모두 합산하여 선형 결합값을 연산하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 6】

제 2 항에 있어서,

상기 수신 신호 대 잡음비를 추정하는 단계는,

상기 선형 결합 결과값과 시뮬레이션을 통하여 얻어진 수신 신호 대 잡음비 사이의 관계를 관계표로 작성하고, 상기 관계표를 이용하여 임의의 채널 환경에서 계산된 선형 결합 결과값으로부터 수신 신호 대 잡음비를 추정하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 신호 대 잡음비를 예측하는 단계에서,

상기 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하는 과정은,

수신 신호 대 잡음비의 크기의 고속 변화를 제거하기 위한 저역 통과 필터링하는 단계와,

상기 저역 통과 필터링된 신호 대 잡음비의 변화량으로부터 일정 시점 이후의 신호 대 잡음비의 크기를 예측하는 단계,

상기 예측값의 평균 예측 오차를 계산하고 예측된 신호 대 잡음비의 예측 오차를 보정하는 단계, 및

상기 예측 오차가 보정된 예측값에 예측 여유를 할당하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 저역 통과 필터링된 신호 대 잡음비의 변화량으로부터 일정 시점 이후의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계는,

과거 시점에서의 수신 신호 대 잡음비와 현재 시점에서의 수신 신호 대 잡음비의 차이에 대한 임의의 차수의 변화량으로부터 일정 시점 이후의 신호 대 잡음비의 크기를

예측하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 9】

제 7 항에 있어서,

상기 예측된 신호 대 잡음비의 예측 오차를 보정하는 단계는,

상기 예측된 신호 대 잡음비를 예측시간만큼 지연시켜서 현재의 수신 신호 대 잡음비를 추정하는 단계와,

상기 저역 통과 필터링 전의 실제 수신 신호 대 잡음비와 상기 추정 수신 신호대 잡음비의 차를 구해 예측 오차를 구하는 단계,

상기 예측 오차의 평균을 구하는 단계, 및

상기 예측값을 평균 예측 오차와 비례하게 보정하는 단계를 포함하여 포함하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 예측 오차의 평균을 구하는 단계는,

상기 예측 오차를 이산 귀환 필터링방법을 이용하여 평균 예측 오차를 구하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 11】

제 7 항에 있어서,

상기 예측 여유를 할당하는 단계는,

상기 예측 오차와 평균 예측 오차로부터 예측 오차의 분산을 구하는 단계와,

상기 예측 오차의 분산으로부터 표준 편차를 구하고 상기 표준 편차와 비례하는

가변적 예측 여유를 계산하는 단계, 및

상기 가변 예측 여유와 일정 크기의 고정 예측 여유를 예측값에 추가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 12】

제 11 항에 있어서,

상기 예측 오차의 분산을 구하는 단계는,

상기 예측 오차와 평균 예측 오차로부터 이산 귀환 필터링 방법에 의해 예측 오차의 분산을 구하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 13】

제 11 항에 있어서,

상기 가변적 예측 여유를 계산하는 단계는,

현 시점까지 음의 예측 오차가 발생한 시간율과 요구확률과의 차이에 비례한 상수를 이용하여 가변 예측 여유를 계산하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한

강우 감쇠 보상방법.

【청구항 14】

제 1 항에 있어서,

상기 전송방식을 결정하는 단계는,

수신 신호의 과거와 현재에 대한 신호 대 잡음비로부터 기울기를 구하고 상기 기울기에 따라 누적 가중치를 조절하는 누적 파라미터를 산출하는 단계와,

상기 각각의 전송방식에 대하여 현재 수신 신호 대 잡음비에 따른 각각의 전송 효율을 산출하는 단계,

상기 각각의 전송방식에 대하여 상기 각각의 전송 효율 및 상기 누적 파라미터를 이용하여 각각의 누적 전송 효율을 산출하는 단계, 및

상기 누적 전송 효율들 중 최대 전송 효율을 갖는 전송방식을 선택한 후 상기 선택된 전송방식이 안정적인 전송방식인 지를 판단하여 그 결과에 따라 상기 선택된 전송방식으로의 전환을 결정하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 15】

제 1 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 전송방식은 블록 터보 부호를 이용한 적응형 부호방식과 M-ary PSK 변조 방식을 이용한 적응형 변조방식으로 이루어진 적응형 전송방식인 것을 특징으로 하는 적응형

전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 16】

제 15 항에 있어서, 블록 부호를 이용한 적응형 부호방식은 정보어의 길이가 k 이고 부호어의 길이가 n 인 (n, k) 선형 블록 부호를 이용하여 k^2 개의 비트로 구성된

정보 프레임을 구성하여,

평상시에는, 상기 송신단은 k 개의 정보 비트에 대하여 k 번 블록 부호화를 수행하여 nk 개의 비트로 구성된 부호화 프레임을 전송하고, 상기 수신단은 수신된 nk 개의 신호에 대하여 차례로 n 개의 수신 신호에 대한 연관정 비터비 복호를 k 번 수행하여 k^2 개의 정보 프레임을 복원하며;

감쇠가 심하여 추가적인 부호화 이득이 필요한 경우에는, 상기 송신단은 k 개의 정보 비트에 대하여 행별로 k 번 및 열별로 k 번 부호화를 수행하여 $(2nk - k^2)$ 개의 비트로 구성된 부호화 프레임을 전송하고, 상기 수신단은 $(2nk - k^2)$ 개의 비트로 구성된 수신 부호화 프레임에 대하여 연관정 출력 비터비 알고리즘을 이용하여 반복적으로 복호를 수행하여 k^2 개의 정보 프레임을 복원하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 17】

제 14 항에 있어서,

상기 전송효율은, 모든 전송방식별 최소 임계값을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 18】

제 14 항에 있어서,

상기 누적 전송효율은, 재귀적인 누적 전송 효율 산출 방법에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 적응형 전송기법을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 19】

제 14 항에 있어서,

상기 누적 파라미터를 산출하는 단계는,

과거의 신호 대 잡음비와 현재의 수신 신호 대 잡음비의 차이로부터 기울기를 구하고, 현재의 신호 대 잡음비를 과거의 신호 대 잡음비로 갱신 기록하고, 상기 기울기로부터 기울기의 반비례 관계로 누적 파라미터를 계산하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송 방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 20】

제 14 항에 있어서,

상기 선택된 전송방식으로의 전환을 결정하는 단계는,

상기 누적 전송효율들 중 최대 전송효율을 갖는 전송방식을 선택하는 단계와;

상기 선택된 전송방식이 과거 전송방식에 대해 상위 방식인 지를 판단하는 단계;

상기 판단 결과, 상위 방식이 아니면 상기 선택된 방식으로 전환하고, 상위 방식이면 연속된 시간동안 동일한 선택이 이루어진 경우에 상기 선택된 방식으로 전환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적응형 전송방식을 이용한 강우 감쇠 보상방법.

【청구항 21】

컴퓨터에,

현재 시점에서의 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하는 단계와;

예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하고 있는 전송방식에 적절한 지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 전송방식에 따라 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 수신단의 수신방식의 전환을 요구하는 제어신호를 출력하여, 전환된 전송방식으로 데이터를 송수신하도록 하는 단계를 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【청구항 22】

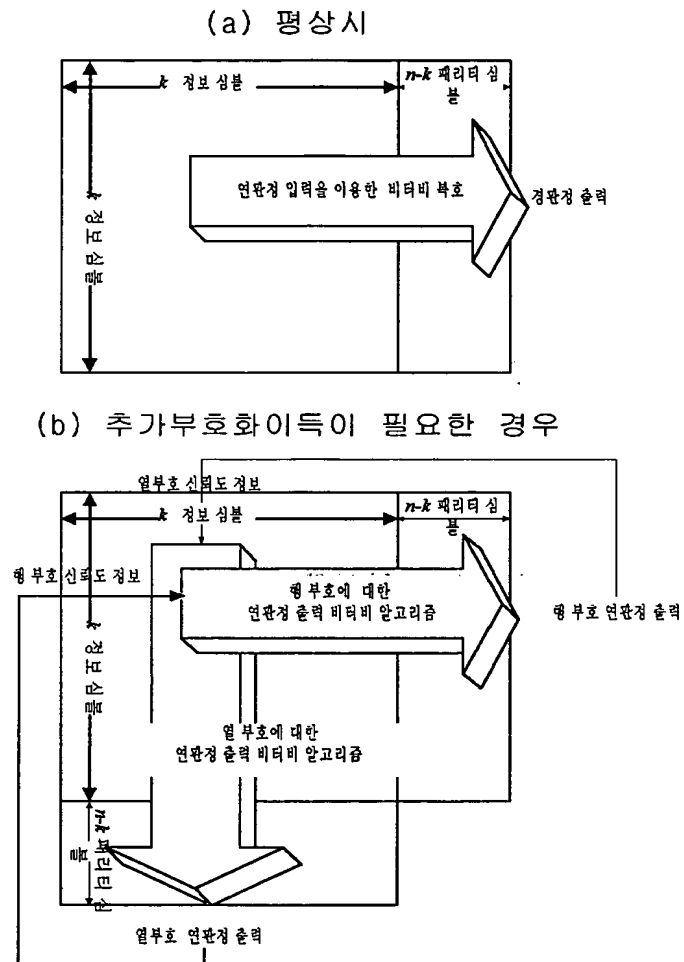
적응형 부호방식과 적응형 변조 방식의 조합으로 이루어진 복수개의 전송방식을 포함하는 송신단과;

적응형 복호방식과 적응형 복조방식의 조합으로 이루어진 복수개의 수신방식을 포함하는 수신단; 및

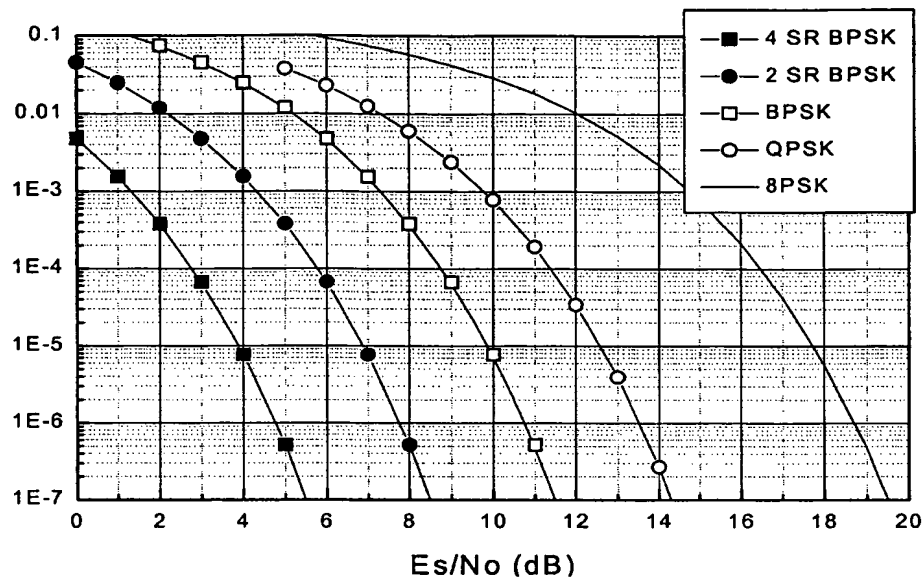
상기 수신단에 수신되는 신호의 신호 대 잡음비를 계산하고 다음 시점에서의 신호 대 잡음비를 예측하며, 상기 예측된 신호 대 잡음비가 현재 시점에서 사용하는 전송방식에 적절한 지를 판단하여 그 결과에 따라 전송방식을 결정하고, 상기 전송방식을 이용하여 상기 송신단과 수신단이 데이터를 송수신하도록 상기 송신단의 전송방식과 전송전력 및 상기 수신단의 수신방식을 제어하여, 상기 신호 대 잡음비에 따라 적응적으로 전송방식을 제어하는 제어부를 포함한 것을 특징으로 하는 위성통신시스템.

【도면】

【도 1】



【도 2】



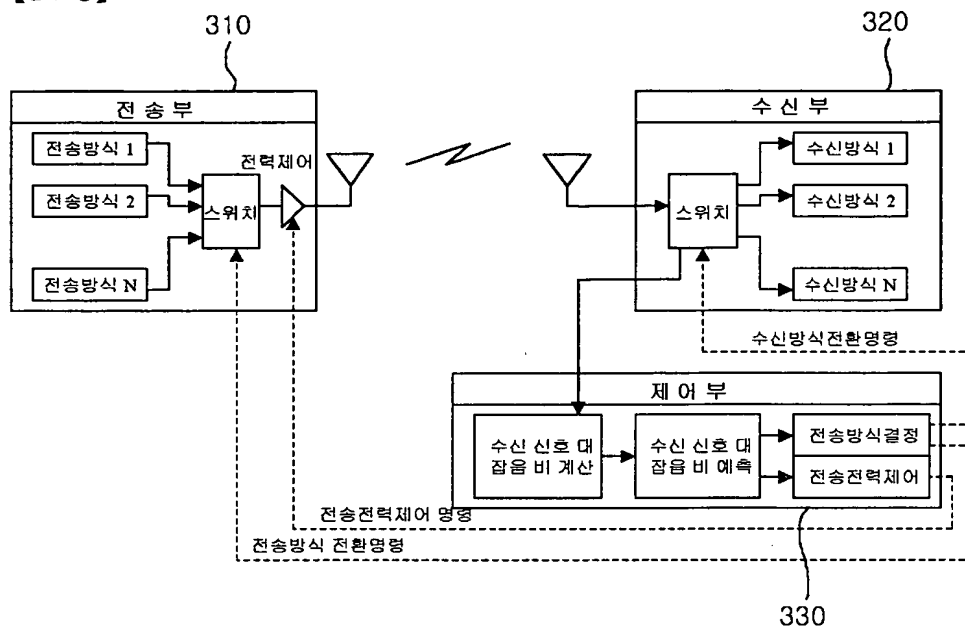
BER : 비트 오류

Es/No : 심볼 에너지 대 잡음 비

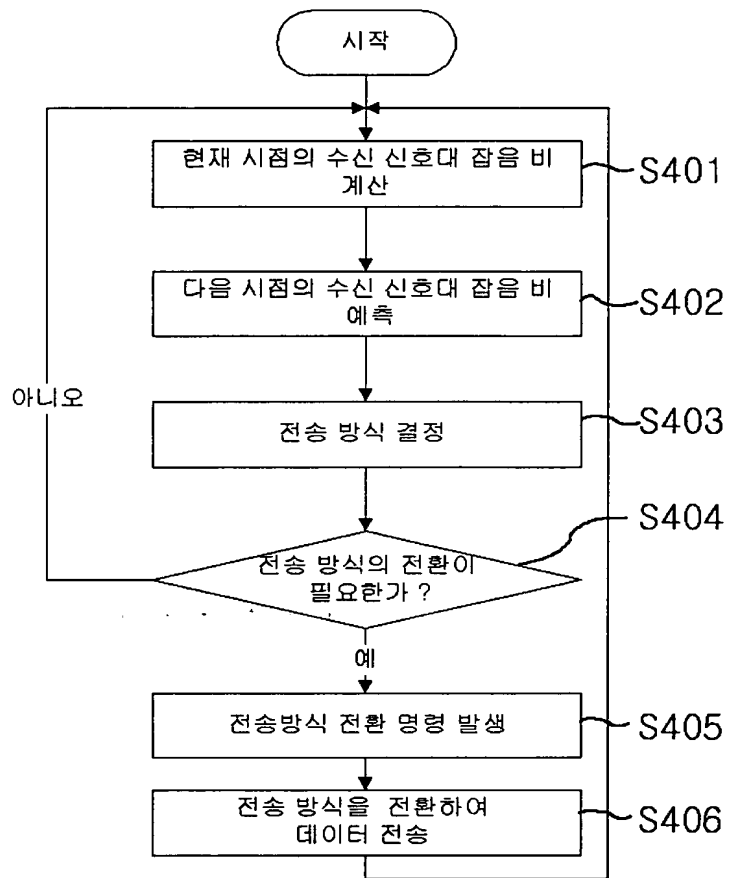
4SR BPSK : 4 심볼 반복 BPSK

2SR BPSK : 2 심볼 반복 BPSK

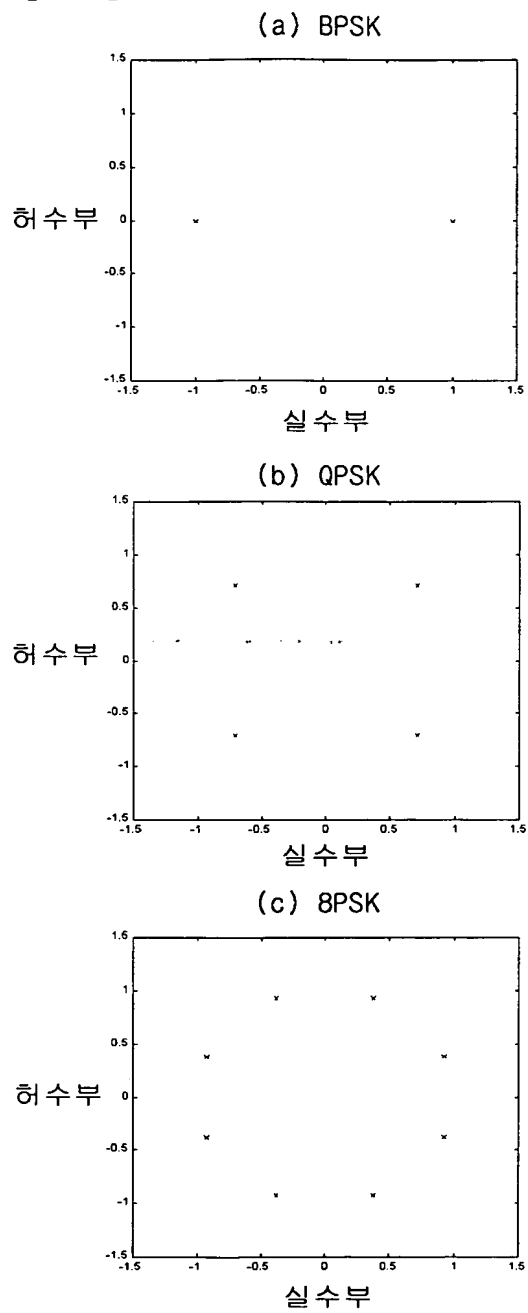
【도 3】



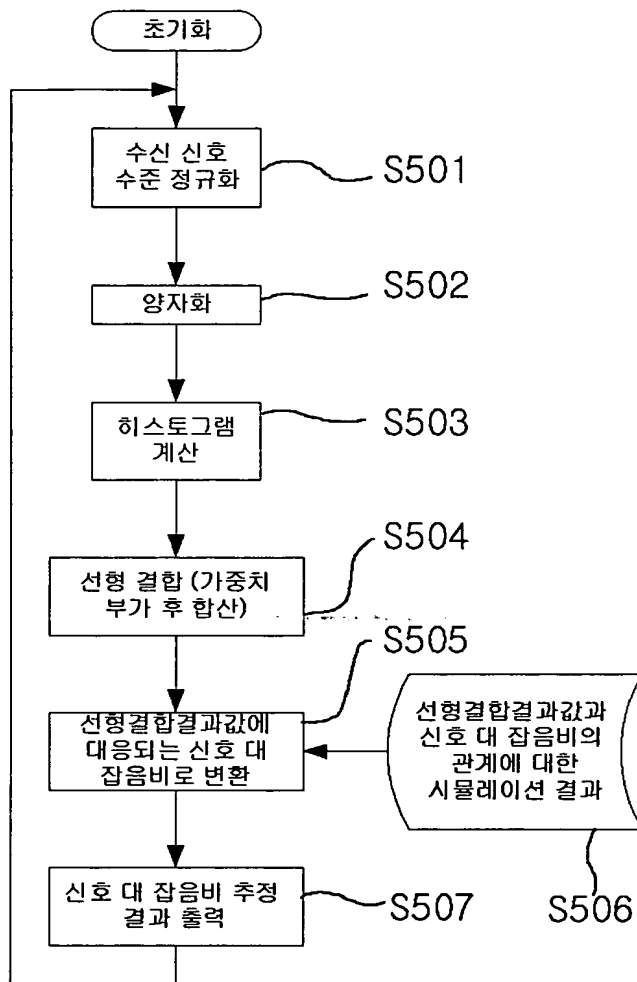
【도 4】



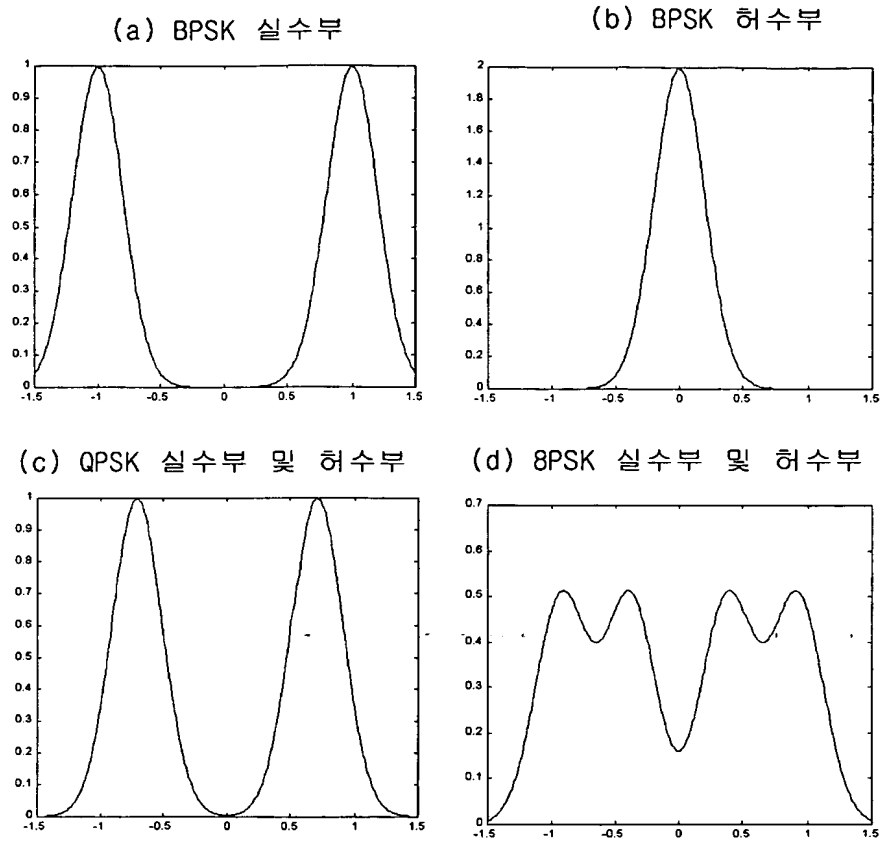
【도 5】



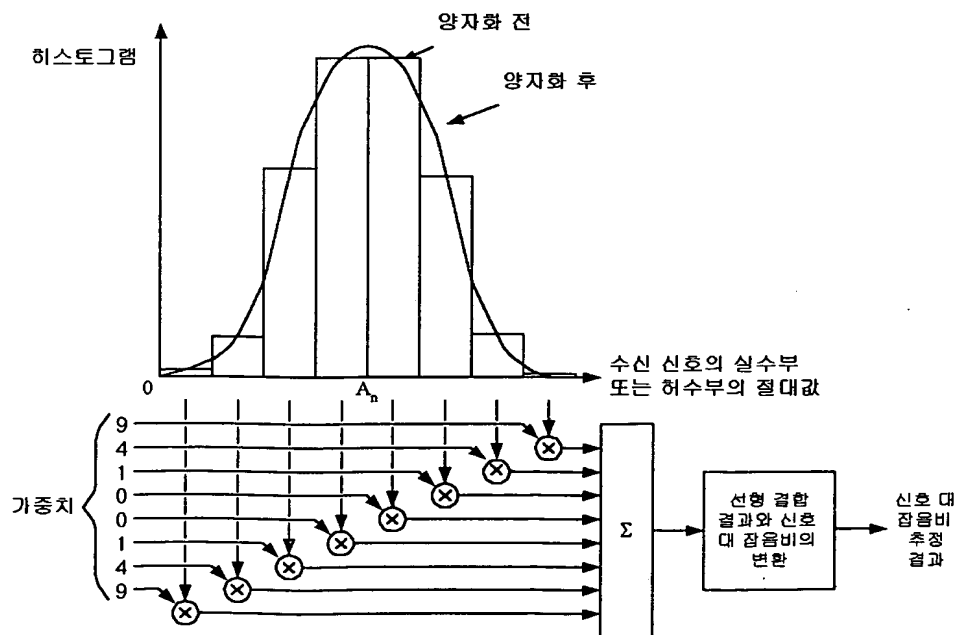
【도 6】



【도 7】

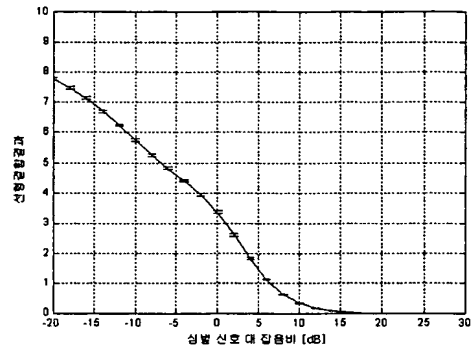


【도 8】

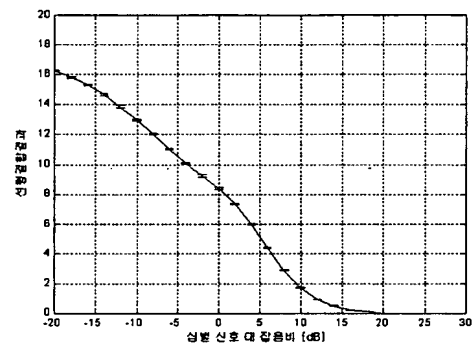


【도 9】

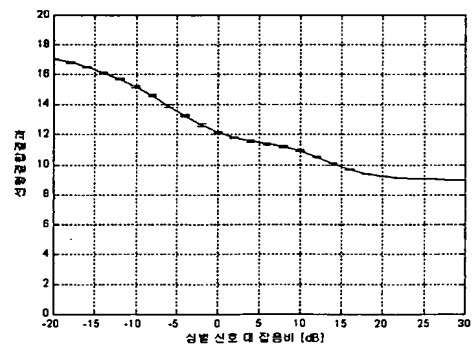
(a) BPSK



(b) QPSK

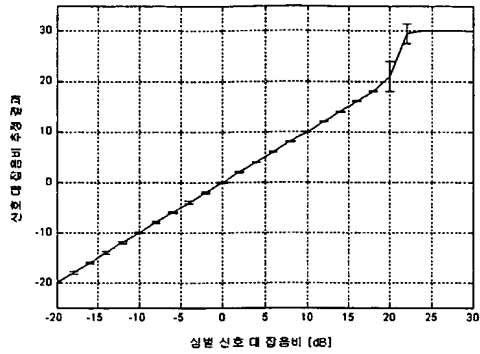


(c) 8PSK

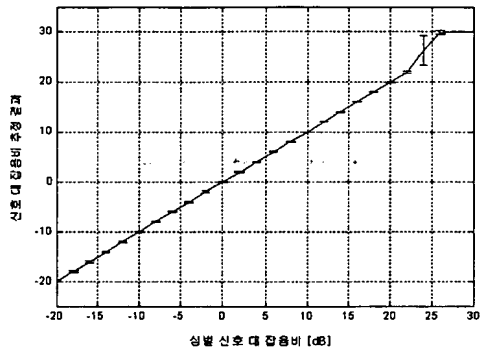


【도 10】

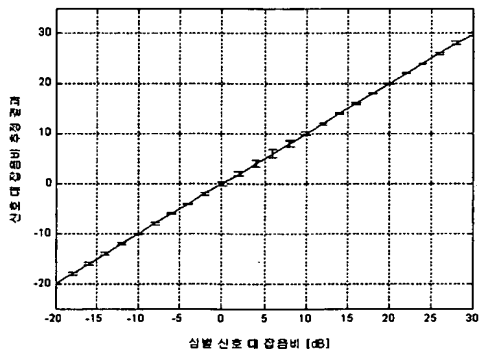
(a) BPSK



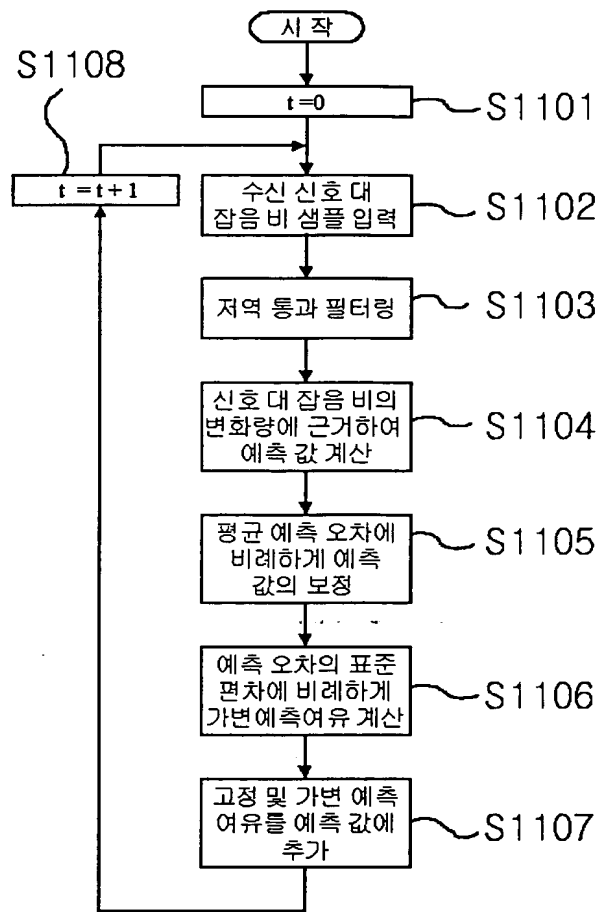
(b) QPSK



(c) 8PSK



【도 11】



【도 12】

